



Felszínközeli ózon vizsgálata Szegeden

Divéky Erika

1. Bevezetés

A légkör ózon tartalmának kb. 90%-a természetes módon 10–50 kilométeres magasságban a sztratoszférában, mint „ózonpajzs” jelentkezik, és az UV-sugárzás abszorbeálásával, ennek részbeni szűréséért felelős. Az összózon csupán kb. 10%-a fordul elő a troposzférában, ennek azonban csak elenyésző része sztratoszférikus eredetű. Természetes úton ózon sztratoszférikus transzport következtében ún. tropopauzatörések során, különlegesen intenzív konvektív celláknál, villámlások alkalmával, valamint növények által kibocsajtott szénhidrogének átalakulásával kerül a felszínközelbe. A sztratoszférikus lekeveredés leginkább koratavasszal, míg az utóbbi kettő nyáron befolyásoló tényező.

Az ózonkoncentráció felszínközeli koncentrációjának természetes szint fölé való emelkedése a napsugárzás hatására meginduló levegőkémiai reakciók (fotokémiai reakciók) következménye, melynek során a főleg antropogén eredetű, nagyrészt a közlekedésben, háztartásban, iparban keletkező légszennyező-anyagokból (nitrogén-oxidok, szénmonoxid valamint nem-metán illékony szerves vegyületek) ún. fotooxidok (ózon, peroxiacetilnitrát, aldehidek) keletkeznek. Mind koncentrációjában, mind hatásában ezek közül az ózon játssza a legjelentősebb szerepet, ezért e gázt ezen anyagok jelzővegyületének tekintik.

Általában az ózont ppb-ben mérik ($1 \text{ ppb} = 1/1.000 \text{ ppm}$), felszínközelben azonban e keveredési arányt gyakran cserélik fel az 1 m^3 -nyi levegőben lévő ózonkoncentrációt megadó μg -os mennyiséggel ($1 \mu\text{g} = 0.000 \text{ 001 g}$). Átszámításnál durván $[\mu\text{g}/\text{m}^3] = 2 \times [\text{ppb}]$.

Korábban az ózont kedvezően illették, az „ózendús erdei levegő” gyógyító hatásának, az általános egészségi állapotra pozitívan hatónak számított. Egy ideje tudjuk azonban, hogy ez a gáz felszínközelben koncentrációtól függően nem csak pozitív hatással rendelkezik. Becslések szerint a lakosság kb. 10–15%-a fokozottan érzékeny az ózonra, náluk koncentrációtól és időtartamtól függően, gyulladásválaszt és nyálkahártya-irritációt okozhat. A megnövekedett ózonkoncentráció a növényeknél is károsító hatású, többek között a betegségekkel (gombák) és stresszfaktorokkal (szárazság, fagy, állati kártevők) szembeni ellenállóképesség csökkenését, a levélzet

krónikus és akut károsodását (elszíneződés, víz-foltok), a terméshozam faj és terület szerinti csökkenését, minőség romlást és a tárolhatóság korlátozódását okozhatja.

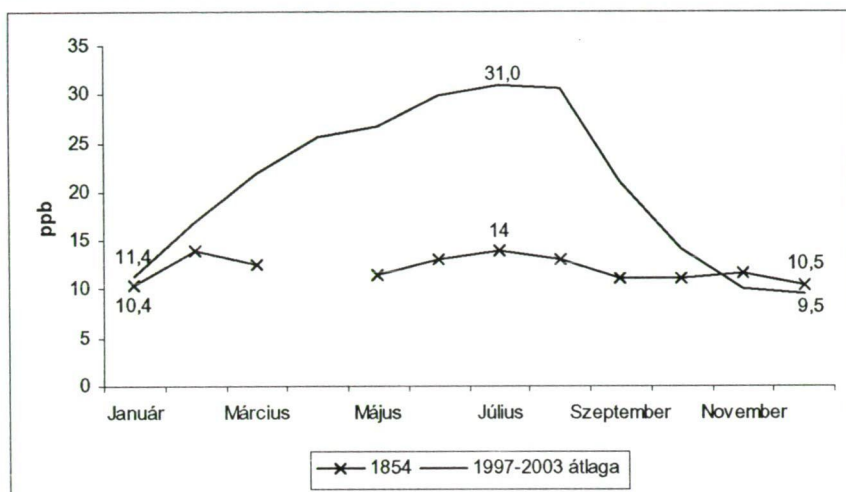
Az ózont, vagy ahogy levelezéseiben emlegette, ózonizált oxigént Christian Schönbein bázeli vegyész professzor fedezte fel 1839-ben. A levegő ózonkoncentrációjának kimutatását segítő első reagenspapírt, az 1850-ben megjelenő kálium-keményítő „ózonoszkópikus papírt” is Schönbein fejlesztette ki. Ezekkel az ún. Schönbein-papírokkal 1853-tól az 1920-as évekig Európa, Ázsia és Amerika több száz városában végeztek ózonmegfigyeléseket.

Schönbein ózonnal kapcsolatos kutatási eredményeiről a bécsi Tudományos Akadémián tartott beszámolója hatására 1853-ban a Monarchia Meteorológiai Intézete is csatlakozott az európai ózonmegfigyelésekhez, ennek keretében még abban az évben hat állomáson kezdtek ózomméréssel foglalkozni (Krakkó, Kremsmünster, Senftenberg, Stanislaw, Bécs és Szeged). Hogy a magyar városok közül miért éppen Szegedre esett a választás, azt az irodalmi források hiányossága miatt nem lehet kideríteni. Az egyetlen esetleges magyarázat, hogy 1853-ban indították a város meteorológiai állomását, s mint új állomás, egyben az ózommérés lehetőségét is megkapta.

Szegeden a méréseket Dr. Altstädter Móríc, az 1853-ban „meglakosított” ezredorvos (Városi jegyzőkönyv – jegyzői szám 6244/1853) végezte 1853. november 2-tól az akkori katonai kórháznál, mely valószínűsíthetően a katonaság akkori lakhelyén a várban működött. Napjában kétszer 10 és 18 órakor történt az észlelés. Teljes adatsor csak az 1853-tól 1856-ig terjedő időszakra található, azonban egy későbbi ilyen irányú utalásból tudjuk, hogy az 1860-as évek végéig folytattak a városban ózonmegfigyeléseket.

Az említett 4 év mérési eredményeinek adatai sem teljes, munkámhoz emiatt csak az 1854. évi adatokat használhattam. A Schönbein-mérések mai értékre való átváltása az első kvantitatív ózonadatokat szolgáltató 1875-ben a Párizs melletti Montsouris-ban megkezdett arzenites mérésekkel párhuzamosan egy évig végzett Schönbein-papíros megfigyelések összehasonlító vizsgálatával kapott korrekció és a XX. század második felében kifejlesztett a légnedvesség és papírszínváltás közti összefüggést mutató korrekciósdiagram segítségével vált lehetővé.

Az ipari fejlődés ózonkoncentrációra gyakorolt hatása értékelhető, ha a XIX. században mért adatokat a mai, az Alsó-Tisza-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség által a szegedi Kossuth Lajos sugárúton mért adatokkal összevetjük (1. ábra). Teljes bizonyosságú összehasonlíthatóságot természetesen nem várhatunk, hisz a Schönbein-papírral csak kvalitatív illetve félkvantitatív méréseket, megfigyeléseket tudtak végezni, azonban ez is felbecsülhetetlen értékű, mivel ez az egyetlen módszer mellyel az iparosítás előtti ózonértékekre következtetni lehet.



1. ábra. Az 1854-ben Szegeden végzett Schönbein-féle ózommérések átszámított értékeinek összehasonlítása 1997–2003. havi átlagainak átlagával

Az egykori szegedi észlelések adatai szerint a XIX. században az ózonszint kiegyenlített volt, nem volt olyan hatalmas eltérés a téli és nyári koncentrációban, mint ma: a havi átlagok a 10–14 ppb közti intervallumban mozogtak. Amíg az év eleji és év végi havi átlagok 150 év eltéréssel is hasonlóak, addig a XX. század végére, XXI. század elejére a nyári hónapok ózon mennyisége az egykori több mint kétszeresére növekedett. Ennek magyarázata, hogy a XIX. századi adatok a természetes úton keletkező ózon mennyiségét mutatják, míg a mostani ózonszint meghatározó része az iparból és a közlekedésből származó légszennyezőanyagok fotokémiai átalakulásával keletkezik. Megfigyelések alapján Európában éves szinten átlag 0,5–1%-os ózonszintnövekedés mutatható ki.

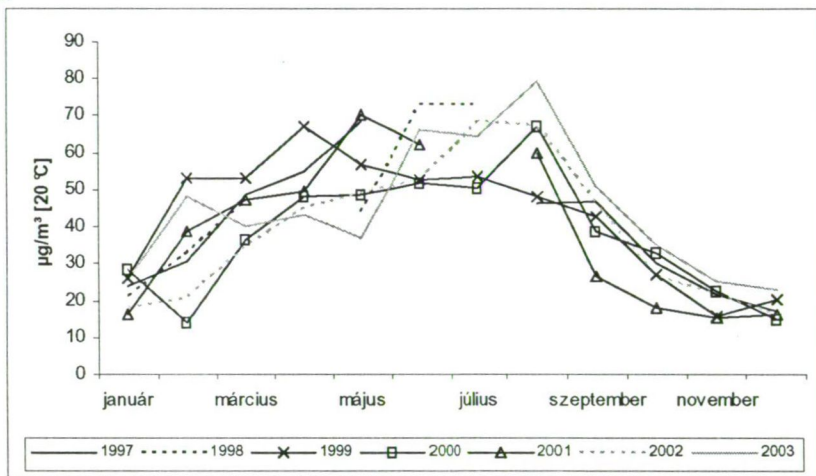
2. A szegedi ózommérés jelenlegi adatai

A folyamatos műszeres ózommérés Magyarországon 1990-ben indult meg, Szegedre 1997-ben került az első, s máig egyetlen légszennyezettséget mérő monitorállomás.

Más légszennyezőanyagokkal ellentétben az ózon nagy forgalmú utak mentén nem, vagy csak kis mértékben jelentkezik egészségkárosító mennyiségben, az itt észlelt értékek jóval alacsonyabbak, mint a város más pontjain (kertövezetben, parkokban, ligetekben) mértek. Nagyvárosok esetében így a levegőminőség-ellenőrzési pont kiválasztásakor erre figyelemmel kell, illetve kellene lenni. Elvileg a monitor közelében 10 méteres távolságon belül nem lehet sem utca, sem égetőmű (Amtsblatt der EG, 2002.). Szeged esetében a mérőállomás közlekedési szempontból az egyik

legjobban terhelt út mentén található, vagyis a mérőkonténer jelenlegi elhelyezése a nagyforgalmú út és a helyi adottságokból következő zártság miatt ózonmérés szempontjából nem ideális.

Az 1. ábrán bemutatott a 7 év havi átlagából kirajzolódó átlagolt éves ózonmenet alapjául szolgáló 1997 és 2003 közötti adatok éves szinten az időjárás és az elsődleges légszennyezők eltérésének megfelelően különböző futamjelleggel mutatkoznak. Mint az a 2. ábrán látható, évtől függően a legmagasabb havi átlag április és augusztus között eltérő időben, de leggyakrabban július illetve augusztus folyamán jelentkezik.



2. ábra. Havi átlagokból kirajzolódó éves ózonmenetek (1997–2003.)

Hasonlóképpen az időjárás szeszélyességének megfelelően erősen eltérő a különböző években fellépő határérték átlépési esetszám és annak mértéke is.

A Szegeden észlelt korábbi egészségügyi határértéket meghaladó, azaz a $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti 25°C -ra vonatkozó félórás (MSZ 21456–26/1994 szabvány érvényes 1994 és 2001 között), illetve 20°C -ra vonatkozó órás (érvényes 2001-től) átlagok a vizsgált hét évben (1997–2003) általában április és szeptember között, ezen belül is a nap folyamán hosszabb ideig tartó magas értékek túlnyomó részben májusban és a nyári hónapokban jelentkeztek. Előfordult, hogy határértékátlépéseket már február-márciusban, és meleg ős esetén még októberben is észleltek, de ez igen ritka.

Mint jellegzetes közlekedési állomás, határérték-átlépései valamivel szűkebb idő-intervalumban jelentkeznek, mint a városi háttér- vagy a regionális háttér-állomásoknál. A viszonylag ritkán éjszaka illetve kora hajnalban fellépő eseteket (melyek a kimondottan kánikulai években jelentkeznek: 1998, 2003) leszámítva a határérték átlépések fő ideje a nyári időszámítás szerinti 11 és 21 óra közé tehető. A legmagasabb esetszámú óra az évek folyamán kismértékben eltérően, de zömmel 15 és 18 óra (MEZ) közötti intervallumban jelentkezik.

Az 1997 és 2003 között mért $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti ózon-koncentrációval jellemezhető órák nagyság szerinti bontásban való napon belüli megoszlását vizsgálva egy jól érzékelhető elkülönülés figyelhető meg. A 110 és $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ közötti értékek viszonylag nagy számmal (1162 óra) és a nap összes órájában, bár eltérő mértékben jelennek meg. Az ezt követő kategóriák mind esetszámban, mind megjelenési időben szűkebb kiterjedésűek. A 7 év alatt 190 -szer észlelték 140 – $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 50 -szer 160 – $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, míg „csupán” 3 -szor $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti órás értéket. Időbeli megjelenésben az igazán magas koncentrációk 11 és 19 óra között, ebből is inkább a 15 – 18 óra közötti időszakban jelentkeznek.

A legtöbb átlépési nap még a nagy adathiány ellenére is 1998 -ban volt 63 nappal, a legalacsonyabb esetenapszám pedig 22 -vel 2000 -ben jelentkezett. Az átlépési órák, illetve félórák tekintetében is 1998 van az élen 351 órával (680 félóra), ami természetesen megint csak tájékoztató jellegű, hisz a monitor leállításából származó adat kiesés e szám alakulását nagyban befolyásolta. A városban eddig mért legmagasabb órás felszínközeli ózon értéke $188,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt, ezt 2003 szeptemberében észlelték. Mivel azonban a korábban említett adathiányok e képbe bezavarnak, nem mindenképpen volt ez a városban jelentkező legmagasabb koncentráció.

Szeged esetében a hét évből négyben jelentkezett $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti koncentrációval jellemezhető nap ($1997 - 2$ nap, $1998 - 6$ nap, $2002 - 2$ nap, $2003 - 9$ nap), vagyis a monitoradatok szerint Szegeden igazán magas ózonértékek jelentkezése viszonylag ritka. A $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ot meghaladó de a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ot nem elérő koncentrációjú napok megjelenésének gyakorisága viszonylag magas, a többi magyarországi állomáshoz viszonyított gyakoriságánál a május-augusztusi időszakban sokszor Latorca u., K-Pusztá és Szeged egyidejű esetfellépése figyelhető meg. Megfigyelhető továbbá, hogy sokszor az Európa más államaiban illetve Magyarország több pontján egyszerre jelentkező határérték átlépés illetve ózonepizód Szegeden valami okból elmarad, illetve ha meg is jelenik csupán nagyon alacsony értékekkel.

A $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es félórás határérték 2001 -ben megszűnt, az új rendelet alapján az egészségügyi határértéket 8 órára vonatkoztatott átlagként $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben szabták meg (2004 -től $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ helyett $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A korábbi $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re és félórás átlagra vonatkozó határértéket Szegeden a 2003 -ban ózonkoncentráció összesen 499 esetben haladta volna meg az, míg az érvényes 8 órás átlagra vonatkozó határértéket 35 esetben. A legmagasabb 8 órás átlagot augusztus 9 -én mérték ($168,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tehát Szegeden 2003 -ig nem jelentkezett $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti ózonkoncentráció, így a városra korábban szmogriadóterv sem készült. Mint mondták, nincs „rá szükség”. A 2003 -ban jelentkező magasabb értékek és az EU jogharmonizáció keretében $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ról $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re lecsökkenő szmogriadó határérték hatására e vélemény megváltozott. A terv készülöbén van, ezzel kapcsolatban viszont több nehézség is felmerült. Már régebben ismert, hogy a monitor elhelyezése nem túl szerencsés, és az is, hogy sem a szmogriadóelőírások értelmében, sem Szeged légszennyezési fel-

méréséhez a most üzemelő egy monitor nem elég. Az újabb monitorok felállítására, illetve a ma működő, de már elavult monitor cseréjére azonban egyenlőre nincs anyagi fedezet.

Munkám során 2000 májusa és júliusa között 5 napos papírváltási időközökkel a város 30 pontján háromszoros mintával ún. indigós passzív mérők segítségével, az ózonmonitorral párhuzamosan méréseket végeztem. A tíz héten át tartó kísérlet célja a városban jelentkező ózonterhelés területi különbségeinek kimutatása volt, illetve annak vizsgálata, hogy a DÉMÁSZ területén elhelyezett mérőkonténer ózonadatai a városra valóban releváns, reprezentatív értéket adnak-e.

Az indigós módszernél indigóval illetve annak vizes oldatával impregnált papírokat helyeznek a vizsgálandó pontra. Meghatározott idő után a papírban felgyűlt, az ózon oxidáló hatására a kék indigó bomlásából keletkező sárga izatin mennyiségét alkoholos kioldás után fotometriás módszerrel határozzák meg. Ez az ún. SAM-eljárás (Surface Active Monitoring). Az aktív mérési módszerrel szemben, ahol egy pumpa segítségével adott idő alatt, adott mennyiségű levegőt juttatnak át a műszeren, a passzív mintavételnél a levegő és ezzel a vizsgálandó légszennyező anyag molekuláris diffúzió vagy permeáció útján jut el a mintavevő eszközben kialakított szorpciós felülethez.

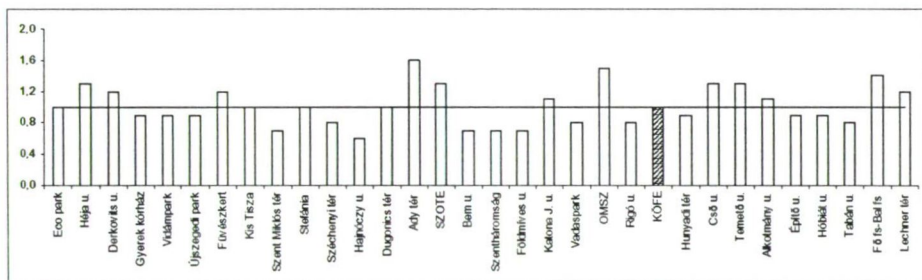
A vizsgálatnál szükség van egy mérőpontra a passzív mérő mellett működő állandóan mérő műszerre is, hisz a fotometriás úton kapott adat csak egy ún. koncentrációarányos extinkciós-érték. Ezen paralelmérés „hitelesítésével” a többi állomás méréseinek extinkciós értékeihez valós $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben megadott értékek számíthatóak. Az indigós módszer előnye, hogy nem igényel különösebb infrastruktúrát, egyszerű szerkezettű, aránylag egyszerű az elkészítése, viszonylag kis anyagi ráfordítást igényel és egyszerű a kiértékelése. Hátránya ezzel szemben „durva” időbeli felbontása (másodperc-perc helyett nap és hét), a kiértékeléshez laboratórium szükséges, és sok a járulékos munka.

A mérőpontok kiválasztásánál igyekeztem figyelemmel lenni az egyenletes területi elosztásra, bár ez helyenként (magas tiszai vízállás, nagyobb zöld terület hiánya, zárt terület stb.) nehézségekbe ütközött. A 30 mérőpontból a kísérleti idő felénél ötöt átszereltem más helyre. Hármat azért, mert az eredetileg kiválasztott ponton furcsa értéket produkáltak, és így gyanítható volt, hogy elhelyezésük nem volt megfelelő, további egyet azért, mert a „szomszédos” passzív mérővel azonos értéket mutatott, azaz egy mérő elég volt a nagyobb terület vizsgálatára, továbbá egyet azért, mert itt betondarabokkal a csöveket darabokra törték.

A vizsgálati idő elteltével sokszor már szabad szemmel is jól látható volt az egyes állomásokat ért ózonterhelés közötti különbségből származó eltérő izatintartalom miatti különböző mértékű sárga elszíneződés. Az állomások közötti finomabb különbségek meghatározásához a pontos értékeket szolgáltató spektrofotométeres mérés szolgált.

A monitor melletti passzív mérők próbáinak fotometriás analízissel megkapott extinkciós értékeit a monitor „ózonösszegéhez” rendelve, az expozíciós idővel való osztás után az átlagos számolt ózon-immissziósrátát kaptam meg, melynek segítségével a többi állomásra is „ózonérték” számíthattam.

Mint említettem, vizsgálatom célja a szegedi felszínközeli ózonterhelés területi különbségének kimutatása volt. Az eredmény (3. ábra) 31 állomás plusz a monitornál elhelyezett állomás alapján született. Azon állomást, melynek összperiódusából származó extinkciós átlaga monitoradatnak megfelelő volt, azaz átlagban a monitor adatai a területre érvényesek 1-nek vettem. Ilyen állomást négyet találtam. A monitoradatnál alacsonyabb terhelést kapott az állomások 48,4 százaléka, azaz 15 állomás, itt a monitorérték 60–90%-a jelentkezett. Meglepően ebbe a csoportba tartozik a vadsparkban elhelyezett állomás is átlag 80%-os monitorterheléssel, ami valószínűsíthetően a közelben elhelyezkedő szegedi iparváros légszennyezésének tudható be.



3. ábra. Passzív mérős állomások monitoradathoz viszonyított „szorzószáma”
(vízszintes vonal = 1)

Szegeden a monitor által mért értékek feletti terheléssel jellemezhető a fennmaradó 12 mérőpont, vagyis az állomások 38,7 százaléka, itt 1,1–1,7 közötti szorzó érvényesül, ami azt jelenti, hogy a monitor méréseinél átlagban 10–70 százalékkal magasabb ózonterhelés jellemzi e területeket. A kísérlet során – kb. másfélszeres ózonterheléssel – a két legmagasabb terhelésű pont az egyetemi sportpálya és a szegedi meteorológiai állomás volt.

Összegzés

A kísérleti eredmények alapján a következő megállapításokra jutottam. Az egyik az, hogy a kísérlet szerinti 0,8-as szorzóval jellemezhető Széchenyi téren – ahova eredetileg 1997-ben a mérőkonténert helyezni akarták – se lett volna jobb helyen a monitor, a másik, hogy a városi terhelés alapján készítendő rendezési tervnél illetve szmogriadó-tervnel azzal kell számolni, hogy a monitor által szolgáltatott értékek,

csak középértékként vehetőek figyelembe. Ezzel kiegészítve jól alkalmazhatóak a Környezetvédelmi Felügyelőség által működtetett monitor adatai, de figyelembe kell venni, hogy a fent leírtak alapján a városban valószínűsíthetően jelentkező ózon-csúcsértékek is jóval magasabbak, mint az eddig ismertek.

A magas ózonértékek elkerülésének legfőbb kitétele az elsődleges légszennyezőanyagok (NO_x, VOC) emissziójának csökkentése. Ennek eléréséhez azonban a technikai fejlesztések mellett a lakosság felvilágosítása és környezeti szenzibilitásának növelése is szükséges. Sajnos sem az országos, sem a helyi sajtó nem kezeli e levegőtisztasági problémát fontosságának megfelelően, így a lakossághoz ilyen irányú információk nem nagyon jutnak el.

Ezt példázza egy ugyancsak 2000-ben Szegeden végzett kérdőíves felmérés is, melynek alapján kiderült, hogy a megkérdezettek több mint fele az „ózon” szó hallatán a sztratoszférikus ózonra asszociál, és csupán ötven a száznegyven főből gondoltak a felszínközeli ózonnal összefüggő fogalmakra. A célzottan e légszennyezőanyagra feltett kérdésnél a válaszadók 72 százaléka mondta, hogy „nem tudja, mit fed a fogalom” és arról is csupán huszonnyolcan hallottak hogy Szegeden is folyik ózonmérés. Bár a mérési eredmények az interneten <http://www.atikofe2.deltav.hu> és a városban két viszonylag sűrűn látogatott helyén (Tesco és a kárász utcai Atrium-ház) megtekinthetőek, erről is csupán a megkérdezettek közül ötven-ötven értesültek.

Irodalom

- Divéky, E. 2000: Surface Ozone in Hungary – ACTA Geographica Szegediensis Tomus XXXVII. 109–116, Szeged.
- Divéky, E. 2003: Ózonmérés Szegeden a XIX. században – Légkör XLVIII. évf. 2003/4, pp. 30–35.
- Werner, H. 1992: Das Indigopapier – Sensitives Element zum Aufbau von Passivsammlern zur Messung von Ozon-immissionen – Forstliche Forschungsberichte 122 pp. 9–12, München.